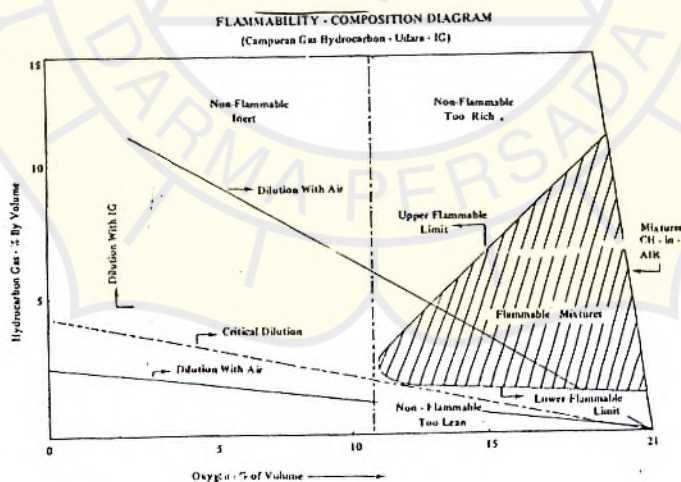


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Prinsip Inert Gas System.

Peledakan dan kebakaran pada kapal tanker tidak akan terjadi pada tangki muatan apabila kondisi pada tangki tersebut telah inert dengan baik, umpamanya pemuatan, pembersihan dan pembersihan tangki. Sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran dan peledakan dapat dihindari seminimal mungkin. Prinsip dari Inert Gas System adalah untuk mempertahankan kadar oksigen dalam tangki serendah mungkin. Purgung pada tangki muatan yang kosong dimasukkan gas Inert menggantikan campuran gas hidrokarbon sehingga berkurang sampai dibawah garis yang disebut "Critical Dilution". Kalau sampai ada udara segar masuk ke dalam tangki tersebut maka kondisi udara dalam tangki akan meningkat yang bisa menyebabkan campuran gas-gas akan mudah terbakar atau meledak, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram Flammability di bawah ini :



Gambar 1

Diagram Flammability

(Ref. No. , hal.)

Nyala api tidak akan terjadi kalau campuran oksigen dan gas hidrokarbon (Fuel) tidak terdapat dalam daerah “ Flammable atau Eksplolive “. Bagian terbawah dari daerah ini disebut “ Lower Flammable Level “ atau LFL. Jika kandungan gas hidrokarbon dibawah batas ini tidak akan dapat menimbulkan kebakaran dan keadaan ini disebut “ Too Lean “ atau kandungan gas terlalu rendah untuk dapat terbakar. Batas teratas disebut “ Upper Flammable Level “ atau UFL. Demikian pula jika kandungan gas hidrokarbon di atas batas ini, maka tidak dapat menimbulkan kebakaran dan kondisi ini disebut ‘ Too Rich “ atau kandungan gas terlalu tinggi untuk terbakar.

Batas mudah terbakar dari gas hidrokarbon dari bermacam-macam jenis minyak atau petrolium berbeda-beda antara 1,5 % sampai 10 % dari total volume gas. Sebagai gambaran dapat dilihat pada tabel berikut ini :

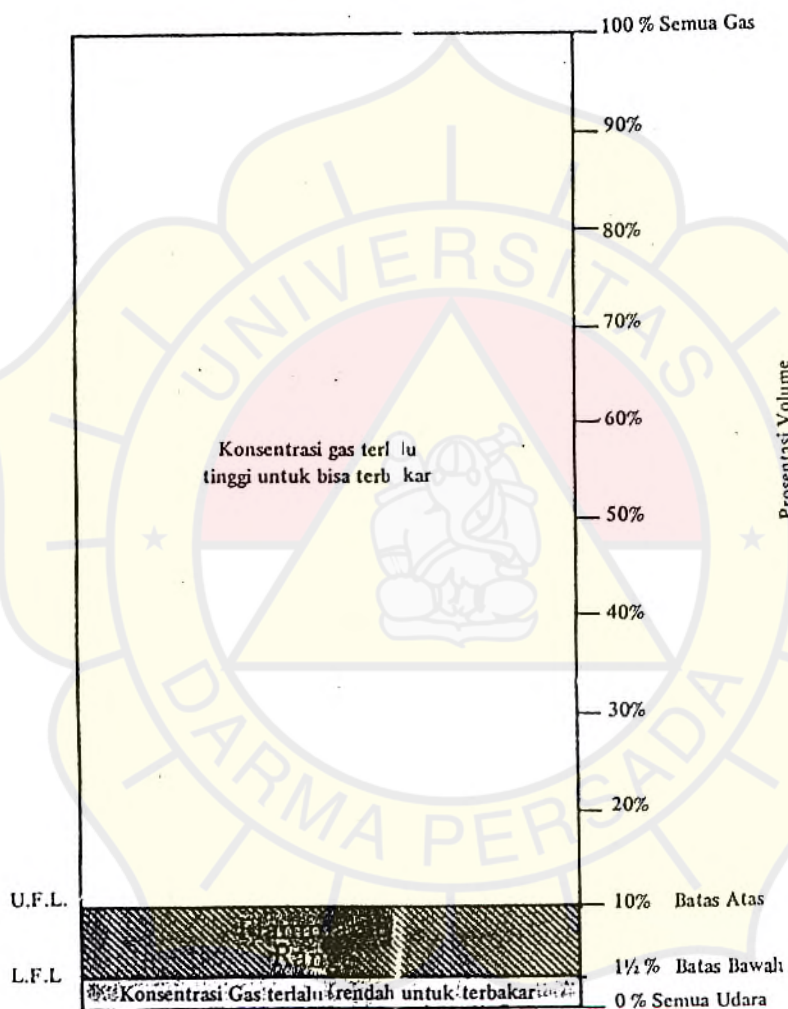
Tabel 1

HIDROKARBON	PRESENTASI DARI VOLUME YANG DAPAT TERBAKAR	
	ATAS	BAWAH
Methane	5,3	14,0
Ethane	3,0	12,5
Propane	2,2	9,5
Butane	1,9	8,5
Penthane	1,2	7,8
Hexane	2,4	7,5
H ₂ S	4,3	45,0

Batas mudah terbakar dari uap minyak dalam udara

Kadar oksigen dalam udara segar adalah 21 % dan jika kadar oksigen dikurangi sampai 10 % maka kondisi tersebut tidak cukup untuk dapat menimbulkan nyala api. Oleh karena itu diambil batas yang aman dimana tangki muatan tersebut Inert atau lembam apabila kandungan oksigennya pada level di bawah 8 %.

Untuk mendapatkan campuran gas hidrokarbon dan udara yang aman maka dapat ditempuh dengan jalan mengurangi kandungan hidrokarbon di bawah batas "Critical Dillution Line".



Gambar 2

Hubungan antara jumlah konsentrasi gas dan kesanggupan terbakar

(Ref. 5 , hal. 23)

II.2. Metode Memasukkan dan Pengaturan Udara dalam Tangki

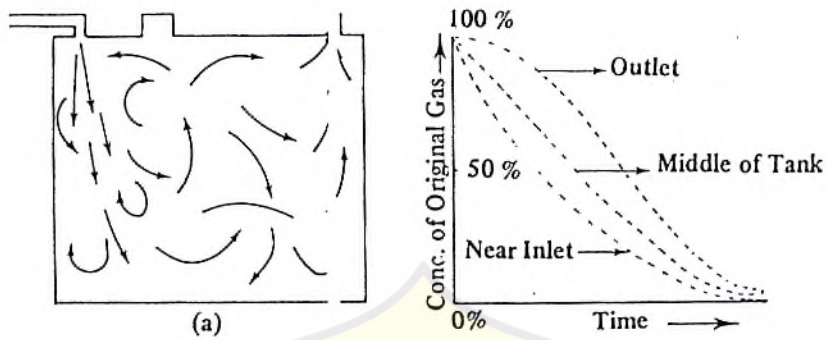
Menurut Pieter Batti (*Reff.No.5, hal.27*) ada tiga macam proses yang dapat dilakukan untuk pergantian udara di dalam tangki muatan yaitu inerting, purging, dan gas freeing.

1. **Inerting**, adalah proses untuk mengurangi kandungan oksigen (O_2) di dalam tangki dengan jalan memasukkan inert gas (gas lembam) ke dalam tangki.
2. **Purging**, adalah proses yang dilakukan untuk mengurangi kadar hidrokarbon di dalam tangki dengan cara memasukkan inert gas ke dalam tangki.
3. **Gas Freeing**, adalah suatu proses untuk mengeluarkan campuran-campuran gas yaitu antara hidrokarbon dan inert gas dengan jalan memasukkan udara segar ke dalam tangki.

Sedangkan metode yang digunakan untuk proses-proses tersebut diatas dapat diikuti sebagai berikut :

1. Dillution Proses

Metode dilakukan dengan jalan memasukkan inert gas ke dalam tangki dengan kecepatan tinggi sehingga inert gas dapat mencapai dasar tangki untuk mendesak gas hidrokarbon. Dengan metode ini akan terjadi campuran gas yang akhirnya campuran-campuran gas tersebut terdesak keluar dengan masuknya inert gas tersebut, seperti terlihat pada gambar dibawah ini .

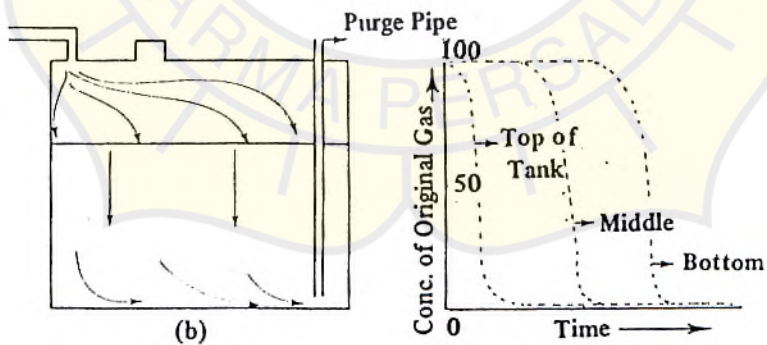


Gambar 3

Dilution Process
 (Reff. No. 5 , hal. 27)

2. Displacement

Inert gas yang dimasukkan dalam tangki secara horisontal sehingga gas yang lebih berat dalam tangki akan terdesak ke dasar tangki kemudian secara teratur keluar dari pipa. (biasanya digunakan purging pipe) sampai seluruh tangki terisi dengan inert gas . Dengan metode ini tak perlu melakukan pemasukkan inert gas dengan kecepatan tinggi .



Gambar 4

Displacement
 (Reff.no. 5, hal 28)

Seperti yang telah diuraikan diatas, bahwa selama ini kapal tanker beroperasi, tangki-tangki muatannya harus diperhatikan hal-hal sbb :

- Tangki-tangki muatan dan slop tank apakah berisi minyak, air ballast atau sisa-sisa muatan, kandungan oksigen di dalamnya harus dapat dipertahankan dibawah 8 % dengan tekanan selalu positif agar udara segar dari luar tangki tidak masuk.
- Udara didalam tangki akan selalu berubah dari kondisi inert ke kondisi gas free tanpa melalui daerah yang disebut " Flammable Condition ". Jadi yang perlu diperhatikan adalah sebelum tangki tersebut diberi udara segar (ventilasi) untuk proses gas free harus terlebih dahulu dimasukkan inert gas sampai kadar hidrokarbon dalam tangki berada dibawah daerah " critical dilution line " dan hal ini disebut proses " Purging " .
- Begitu sebaliknya apabila setelah di gas free dan tangki akan diisi muatan lagi maka harus dilakukan proses inert gas.

Jadi untuk mempertahankan kondisi tangki muatan ke dalam keadaan " Non flammable " maka inert gas plant diperlukan sewaktu kapal dalam keadaan :

1. Memuat muatan atau ballasting
2. Membongkar muatan
3. Gas freeing atau pembebasan muatan

Setelah proses memuat atau ballasting, inert gas dimasukkan lagi dalam tangki pada bagian atas yang kosong (ullage area) untuk mengembalikan tekanan yang positif dalam tangki , hal ini tidak akan memungkinkan udara segar masuk dalam tangki, disamping itu mast riser harus tutup setelah selesai memuat muatan.

Dalam keadaan membongkar muatan tekanan inert gas dan kandungan oksigen di dalam tangki harus selalu diawasi dengan beberapa alasan :

- Untuk mencegah jangan sampai ada udara segar masuk ke dalam tangki

Boy Abwis

Bab II Tinjauan Pustaka

- Untuk mempertahankan agar komposisi udara dalam tangki tetap pada daerah non flammable area.
- Disamping itu untuk membantu proses pemompaan muatan karena tekanan positif dari inert gas akan membantu muatan tertekan kebawah sehingga memudahkan bagi pompa muatan atau cargo pump untuk memompa (increase head pressure).

Selain dari pada itu pada proses gas free dalam pelaksanaannya sangat sulit untuk dilakukan pada seluruh tangki. Oleh sebab itu tangki yang sedang di inert perlu diisolasi dari tangki lainnya terutama sistem ventilasinya. Pada proses ini inert gas dimasukkan dengan cara purging system sampai kandungan hidrokarbon dibawah 2 %, sehingga apabila dimasukkan udara segar (oksigen) tidak akan melalui daerah yang mudah terbakar (flammable areas).

II.3. Peralatan Utama Dari Inert Gas System.

Sebagai sumber utama dari inert gas adalah gas buang dari penggunaan boiler utama atau boiler bantu yang dialirkan kedalam tangki melalui pipa atau sistem setelah menjalani proses pendinginan dan pembersihan. Penggunaan peralatan penghasil gas inert dikarenakan :

- kandungan oksigen dalam gas tersebut cukup rendah, sekitar 3-4 % bahkan dapat mencapai 2 persen .
- tidak tergantung pada mesin induk kapal, karena umumnya penggunaan inert gas pada saat kapal bongkar muat yang dilaksanakan dipelabuhan.

Selanjutnya sebelum membicarakan fungsi dan alat-alat lainnya yang digunakan sebaiknya ditinjau terlebih dahulu gas-gas atau zat-zat apa saja yang terdapat pada gas buang dari boiler yang digunakan untuk inert gas.

Boy Abwis

Bab II Tinjauan Pustaka

1. Nitrogen (N_2), gas ini tidak mempengaruhi kondisi udara dalam tangki, jadi tidak membahayakan.
2. Carbon dioxide (CO_2), gas ini juga tidak membahayakan walaupun beracun dan dapat menimbulkan karat.
3. Air (H_2O), zat ini sifatnya inert dan kandungannya cukup rendah.
4. Oxygen (O_2), apabila kandungannya cukup rendah dapat diterima.
5. Sulphur dioksida (SO_2), zat ini mempunyai sifat korosif dan beracun, sehingga sedapat mungkin dikeluarkan dari sistem .
6. NOX, gas ini sifatnya beracun tetapi dapat diabaikan dikarenakan kandungannya rendah.
7. Carbon monoxide (CO), gas ini beracun dan kandungannya cukup rendah.
8. Kotoran-kotoran dan abu, sejauh mungkin zat tersebut dikurangi kandungannya karena kotor dan akan menyumbat sistem.
9. Temperatur gas buang boiler cukup tinggi $300^\circ C$, sehingga perlu didinginkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai inert gas atau dapat pula panas tersebut digunakan untuk sistem pemanasan awal (economiser).

Disamping boiler utama dan boiler bantu dimana jumlah oksigen yang dihasilkan dari pembakaran boiler dapat kita atur kandungan oksigennya dibawah 8 % yang digunakan di kapal untuk menghasilkan inert gas saat ini sudah ada peralatan yang khusus digunakan untuk menghasilkan inert gas yang disebut " Inert Gas Generator " . Satu diantara keuntungan yang utama inert gas generator adalah peralatan ini sudah dibuat sedemikian rupa sehingga gas yang dihasilkan langsung dapat didinginkan dan dibersihkan dari sulphur dan kotoran-kotoran lainnya. Inert gas yang dihasilkan cukup baik dan sesuai dengan yang dikehendaki didalam sistem untuk mencegah ledakan atau kebakaran dalam tangki. Sedangkan analisa dari inert gas yang dihasilkan sebagai berikut (*Reff. No. 2, hal. 32*) :

Carbon dioxide (CO_2)	-	15 % maksimum
Carbon monoxide (CO)	-	0.01 %
Hydrogen	-	0.01 %

Boy Abwis

Bab II Tinjauan Pustaka

Oxygen (O_2)	-	0.5 % maksimum
Sulphur dioksida (SO_2)	-	10 ppm

Sisanya Nitrogen dan gas-gas lainnya. Sedangkan peralatan bantu lainnya yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- A. Inert Gas Scrubber
- B. Demister Seperator
- C. Inert Gas Blower
- D. Deck Water Seal
- E. Deck Mechanical Non Return Valve dan Isolating Valve
- F. Mast Riser
- G. Control System
- H. Oksigen analyzer

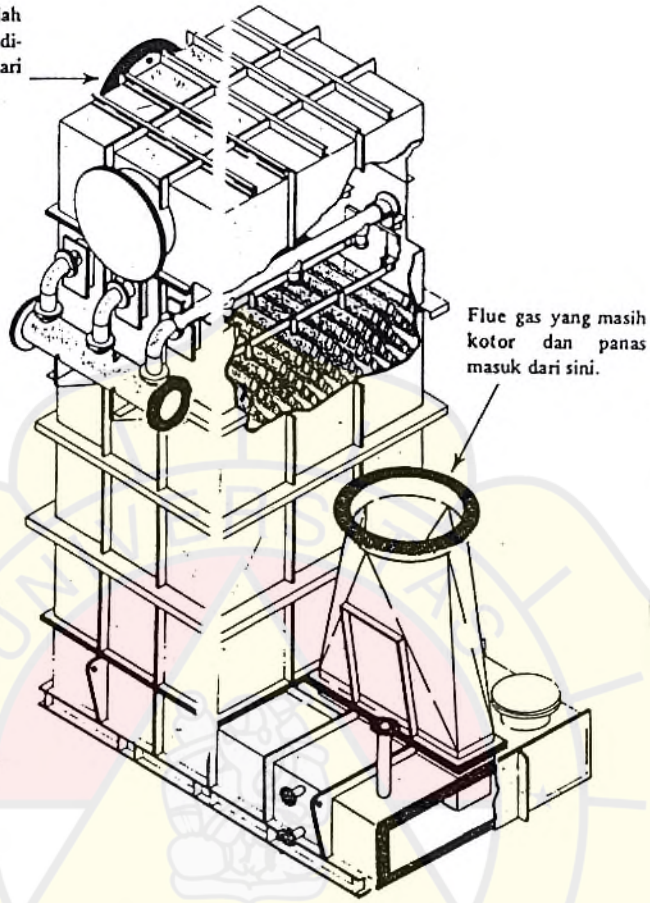
a) Inert Gas Scrubber

Fungsi utama dari peralatan ini adalah :

- Untuk mengeluarkan kotoran-kotoran dan abu serta endapan-endapan lainnya dari inert gas.
- Tempat mendinginkan inert gas sampai mencapai temperatur $5^{\circ}C$ di atas temperatur air laut.
- Untuk mengeluarkan gas SO_2 dengan air laut, dimana kandungan gas ini tidak boleh lebih dari 10 %.

Scrubber ini harus direncanakan sedemikian rupa supaya bisa memproduksi cukup inert gas untuk semua tangki dan slop tanks. Disamping itu harus didesain sedemikian rupa agar masih dapat beroperasi dalam keadaan kapal trim dan oleng.

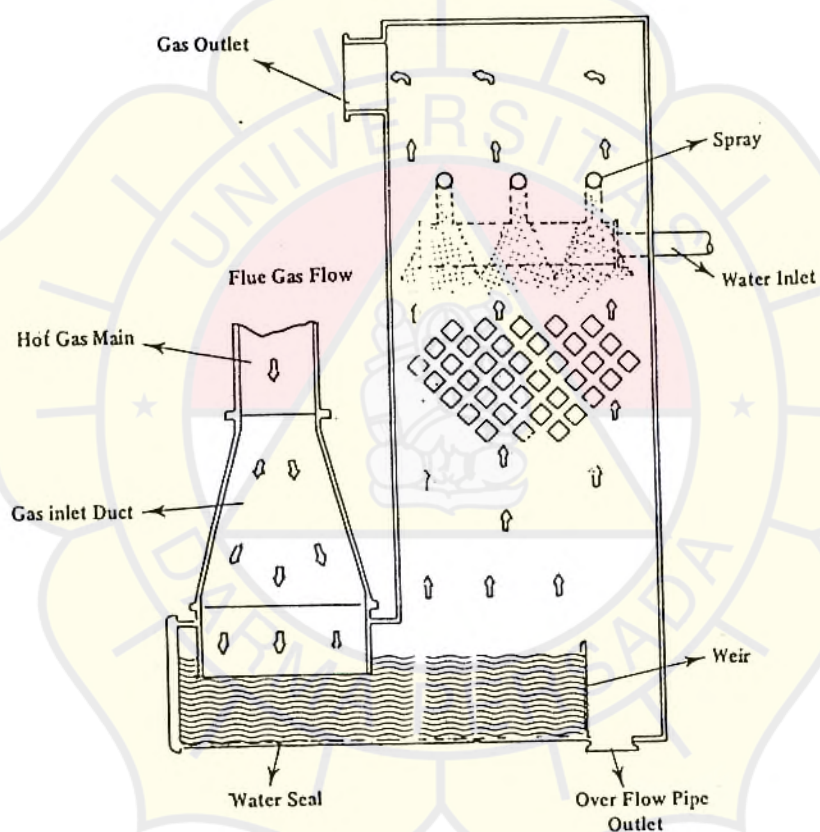
Flue gas yang sudah bersih dan dingin dialirkan keluar dari sini.



Gambar 5

Scrubber

(Reff. No. 5, hal. 37)

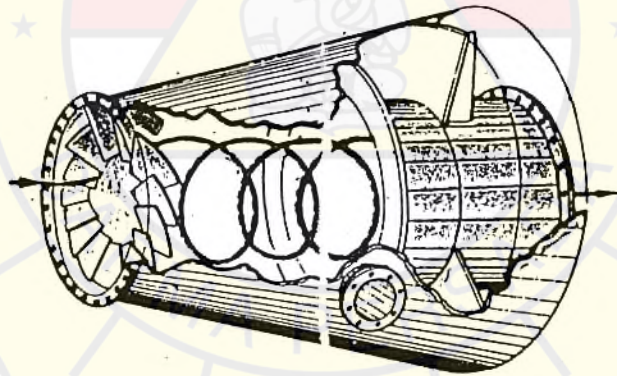


Gambar 6

Cara Penyemprotan Air dalam Tabung Scrubber
 (Ref. No. 5, hal. 39)

b). Demister Separator

Fungsi utama dari peralatan ini adalah untuk menyaring gas yang sudah dicuci dan didinginkan di scrubber dimana masih tersisa partikel-partikel dan cairan-rairan lainnya terutama air. Dengan melalui peralatan ini $\pm 96\%$ partikel-partikel dan air dapat dikeluarkan sehingga inert gas yang akan dimasukkan dalam tangki muatan sudah cukup bersih dari kotoran-kotoran dan uap.



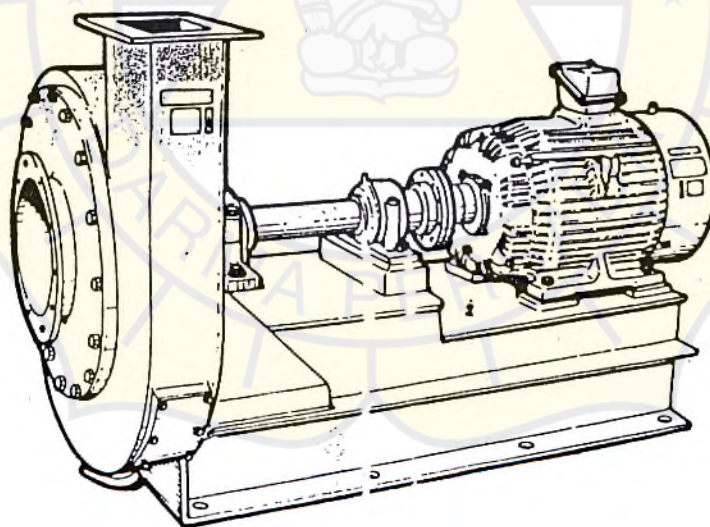
Gambar 7

Demister

(Reff. No. 5, hal. 47)

c). Inert Gas Blower

- Fungsi utama dari blower berfungsi sebagai pompa pengantar untuk mencairkan inert gas ke dalam tangki. Sesuai dengan SOLAS Regulation No.62(C)(1) blower yang terpasang harus dua buah dan kapasitas totalnya harus 125 % dari kapasitas cargo pump. Sedangkan alasan utama menggunakan dua buah blower adalah sebagai berikut :
Lebih menguntungkan pemakaiannya terutama pada waktu topping up yaitu sewaktu selesai memuat muatan, cukup hanya menggunakan satu buah blower.
- Jika satu buah blower mengalami kerusakan, maka blower yang lainnya digunakan sebagai cadangan. Penggerak blower tersebut biasanya digerakan oleh Listrik atau turbin.



Gambar 8

Inert Gas Blower

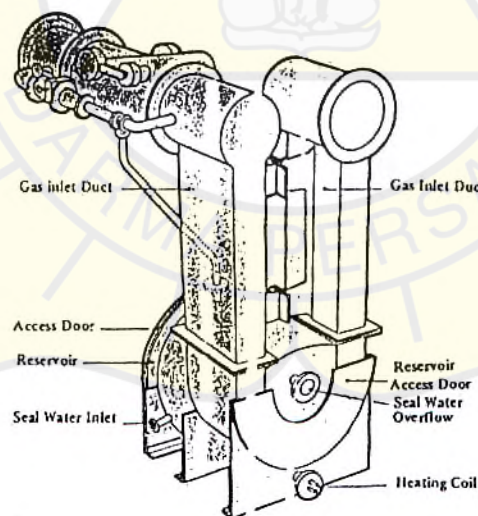
(Reff. No. 5, hal. 49)

d). Deck Water Seal

Fungsi utama peralatan ini adalah untuk mencegah jangan sampai terjadi aliran balik (back flow) dari gas hidrogen dari tangki-tangki muatan kedalam kamar mesin atau daerah yang seharusnya bebas gas (Safe area) dimana peralatan inert gas berada. Dengan demikian peralatan ini dibuat sedemikian rupa sehingga inert gas dapat bebas mengalir ke dalam tangki tetapi dapat pula mencegah jangan sampai terjadi aliran balik dari gas hidrokarbon sewaktu pemakaian inert gas dihentikan sementara. Ada beberapa macam bentuk dari Deck weater Seal, anatar lain :

1. Wet type
2. Semi dry type
3. Dry type

Dari ketiga deck water seal tersebut diatas yang umumnya dipakai karena lebih aman dan praktis adalah " Wet Type ".



Gambar 9

Deck Water Seal (Wet type)

(Reff. No. 5, hal. 57)

e). Deck Mechanical Non Return Valve dan Isolating Valve

Fungsi utama adalah sebagai pencegah kebocoran gas hidrokarbon sebagai akibat dari aliran balik dari tangki muatan dan juga untuk mencegah tekanan balik dari muatan (cargo) dari tangki muatan yang akan masuk ke dalam pipa inert gas apabila tangki diisi terlalu penuh. (over flow).

f). Mast Riser

Fungsi utama dari peralatan ini adalah sebagai tempat untuk memasang safety valve dan juga berfungsi sebagai pembuang gas terutama sewaktu loading dan gas freeing yang biasa disebut inert gas vent valve.

Valve ini harus dibuka jika inert gas plant tidak bekerja untuk mencegah kemungkinan kebocoran gas yang disebabkan oleh tekanan yang semakin meningkat dalam tangki melalui alat-alat non return devices tersebut.

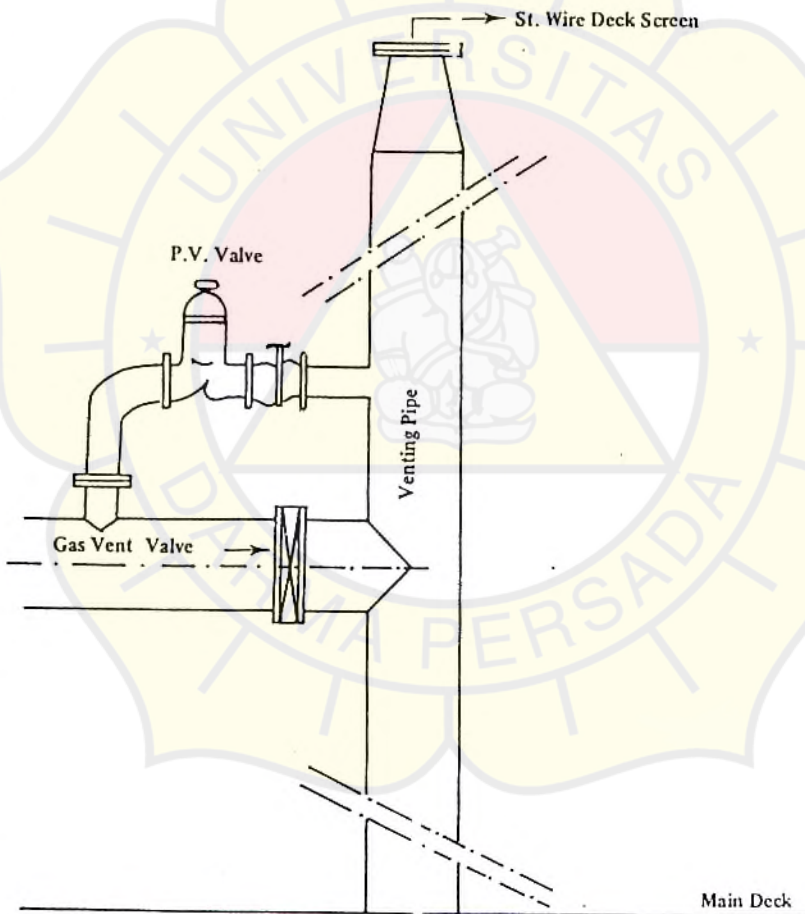
g). Control System

Fungsi utama adalah guna mengontrol bekerjanya alat-alat inert gas dengan baik dan normal juga untuk memberikan tanda alarm jika terjadi hal-hal yang tidak normal seperti umpunya

- temperatur gas terlalu tinggi
- tekanan inert gas rendah
- aliran air laut ke scrubber atau deck seal tekanannya terlalu rendah, konsentrasi O_2 dalam inert gas terlalu tinggi.
- air dalam scrubber permukaannya terlalu tinggi
- blower bekerjanya kurang baik dan sebagainya

h). Oxygen Analyzer

Fungsi utamanya secara tetap mengontrol mutu dari inert gas dan mempertahankan kandungan oksigen (O_2) dalam gas tersebut dibawah batas yang ditentukan. Dengan demikian normalnya oksigen analyzer ini dipasang tetap (fixed) guna mengontrol dan memberikan tanda bahaya (alarm) jika konsentrasi oksigen (O_2) bertambah diatas batas-batas yang dikehendaki.



Gambar 10

Mast Riser

(Reff. No. 5, hal. 63)